

1961

D. Wende

Aus der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Johannes Gutenberg-Universität zu Mainz
Direktor: Professor Dr. Dr. Martin Herrmann

ÜBER DAS PROBLEM DER ZAHNSTEINENTFERNUNG
MIT CHEMISCHEN MITTELN UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG
EINES NEUEN MITTELS TRIÄTHANOLAMINDIGLYKOLAT

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät der
der Johannes Gutenberg-Universität
Mainz

vorgelegt von

DIETER WENDE
Zahnarzt
aus Frankfurt am Main



1962

Dekan: Professor Dr. Dr. Lang

Referent: Professor Dr. Kluczka

Tag der mündlichen Prüfung: 20. November 1961



GESAMTHERSTELLUNG:

DITTERS BÜRODIENST, MAINZ, Augustinerstraße 64-66

MEINER LIEBEN FRAU

EINLEITUNG

Das Problem der Zahnsteinentfernung mit chemischen Mitteln kann trotz der mannigfachen Bemühungen vieler Forscher und der Industrie bis heute nicht als gelöst bezeichnet werden. Rebel (1) urteilt: "Es gibt keine Mittel, die zur Zahnsteinentfernung brauchbar wären", Kluczka (1) weist darauf hin, daß die wirksamen Mittel den Schmelz schädigen.

Da die instrumentelle Zahnsteinentfernung eine oft schwierige, viel Zeit und Geduld erfordernde Arbeit ist, und es daneben wünschenswert ist, die Zahnsteinbildung von vornherein zu verhindern, werden immer neue Agentien von der Industrie entwickelt. Keine dieser Pasten, Lösungen und Tinkturen hat bisher die uneingeschränkte Zustimmung von Forschung und Praxis erlangen können.

Von der Chemischen Fabrik Budenheim wurde unter Dr. Pfrengle und Dr. Pietruck ein neues Mittel, das Triäthanolamindiglykolat, entwickelt und als zur Zahnsteinentfernung geeignet vorgeschlagen.

Mein hochverehrter Lehrer, Professor Dr. J. Kluczka, erteilte mir den Auftrag, die Wirksamkeit dieses Mittels zu prüfen und eine eventuelle Schädlichkeit für die Zahnhartsubstanz festzustellen.

+

A. ÜBER DAS WESEN DES ZAHNSTEINS

a) Zahnstein und Parodontium

Die Wichtigkeit der exakten Zahnsteinentfernung ergibt sich aus der Tatsache, daß der Zahnstein ein verschlimmernder Faktor beim Ablauf der Parodontitis marginalis progressiva und der Parodontose sein kann. KLUCZKA (2): "Zahnstein ist ein exogener Faktor bei der Parodontose, kann aber endogenen Charakter tragen." Manche Autoren vertreten die Meinung, der Zahnstein dränge die Gingiva zurück und lockere die Zähne, so PREISWERK und MILLER u. a. In neuerer Zeit hat sich die Ansicht verbreitet, der Zahnstein löse im allgemeinen keine parodontale Erkrankung aus, verhindere aber durch den chronischen Reiz auf das Parodontium die Möglichkeit einer Besserung oder Heilung. In diesem Sinne fordert KLUCZKA immer wieder, die peinlich genaue Entfernung des Zahnsteins an den Anfang jeglicher Therapie

einer Parodontitis marginalis progressiva zu stellen. Bei der Therapie und Prophylaxe von Spirillosen, welche die Krankheitsbilder von Gingivitiden und Stomatitiden hervorrufen können, steht nach KLUCZKA (3) ebenfalls die Zahnsteinentfernung im Vordergrund.

b) Farbe, Härte, Zahnstein-Konkremente

Die Farbtönung des Zahnsteins reicht vom gelblichen Weiß über Gelb und Braun bis Schwarz. Auch grüne Töne kommen vor. In der Regel hat alter, allmählich gewachsener Zahnstein eine dunklere Farbe als junger Zahnstein. Während die Farbe des supragingivalen Zahnsteins nach REBEL (1) wesentlich durch exogen eingeführte Farbstoffe bestimmt wird, hängt die oft dunkelgrüne Farbe des subgingivalen Zahnsteins mit dem Gehalt an Bluteisen zusammen (HARNDT). MATHIS und andere Autoren führen die verschiedene Färbung auf die Mitwirkung verschiedener Mikrobie zurück. REBEL (3) betrachtet den braun-schwarzen Zahnstein mancher Erwachsener und besonders der Kinder als ein starkes Hervortreten von *Haemophilus melaninogenicus* in der Mundhöhlenflora.

Die Härte des Zahnsteins hängt ebenfalls von dem Zeitraum an, in dem er sich gebildet hat. Alter, ausgereifter Zahnstein steht nach LEUNG und JENSEN in der Mohsschen Härteskala zwischen 3 und 5 (70% - 90% anorganisches, 10% - 30% organisches Material). In frischem Zahnstein ist die organische Komponente stärker, seine Härte ist entsprechend geringer.

In bezug auf den subgingivalen Zahnstein ist die Terminologie nicht einheitlich, weil die Ansichten über die Entstehung verschieden sind. So unterscheiden z. B. MILLER, PREISWERK und REBEL (1) den supragingivalen Zahnstein streng von dem sog. Serum- oder Eiterstein, in der Meinung, die Kalksalze des Taschenzahnsteins stammten aus dem entzündlichen Sekret der pathologischen Zahnfleischtasche. KRANZ und andere Autoren sprechen von supragingivalem und subgingivalem Zahnstein und halten bei beiden Arten den Speichel als Ursprung für gegeben.

Die Bezeichnung Konkremeente für subgingivalen Zahnstein entspricht der Ansicht, es handele sich hierbei um Bildungen, deren Entstehungsmechanismus demjenigen der sonstigen Steinbildung in den Körperhöhlen ähnlich ist (KLUCZKA (2)).

Versuche von WAERHAUG ergaben, daß sich ein ständiger Sekretstrom aus der Tiefe der Tasche in Richtung Mundhöhle bewegt, nicht umgekehrt, daß

also die Konkreme eine Produkt des Blutes und der Gewebssäfte sind. Wir benutzen im folgenden die Ausdrücke "Zahnstein" für supragingivale und "Konkremente" für subgingivale Steinbildungen.

c) Haftung des Zahnsteins

Nach BIBBY und SCHNEIDER ermöglicht erst die bakterielle Besiedlung der Zahnoberfläche ein Anhaften von Zahnstein bzw. Konkrementen.

Dem Praktiker ist bekannt, daß der Zahnstein bei mechanischer Entfernung einmal in großen Schollen abbricht, oft aber zäh an der Zahnoberfläche haftet, was die Entfernung sehr erschwert. Erst ZANDER hat anhand histologischer Schnitte dieses Problem beleuchtet. Er findet vier Arten von "Attachment": 1. Die Mikroorganismen der Zahnsteinmatrix haften sich an einer Kutikula an, die vom inneren Epithel abstammt, das beim Tieferwerden der Tasche am Schmelz bzw. Zement liegen bleibt. 2. Attachment in den mikroskopischen Unregelmäßigkeiten der Zahnoberfläche, wenn sie durch Mikroorganismen oder iatrogen zerstört wurde. 3. Attachment durch Eindringen von Mikroorganismen in den Zement, den sie zur Zahnsteinmatrix machen. 4. Befestigung an Unregelmäßigkeiten, die durch An- und Abbau (Kallus und Resorption) zu finden sind. Diese Arten des Attachment können nach ZANDER auch nebeneinander vorkommen.

d) Histologie und Mineralogie des Zahnsteins

Eine heute noch gültige Beschreibung der Struktur des Zahnsteins hat uns MATHIS geliefert. Mit Hilfe von Interferenzbildern und des Röntgendiagramms konnte er zeigen, daß die Kalksalze im Zahnstein in Form einer Apatitstruktur kristallin geordnet sind. Zahnsteinschliffe zeigten rhythmisch verschieden dicke Schichten einer strukturlosen organischen Substanz, in der mineralische Massen als gebündelte Nadeln das Bild einer polygonalen Felderung ergaben.

MANDEL und LEVY finden nach Entkalkung des Zahnsteins eine feingranulierte Matrix mit eingelagerten basophilen Fibrillen. Teilweise stellen sie eine Lamination fest, wie sie von den Knochenwachstumslinien bekannt ist.

An der Zahnsteinoberfläche finden NAESLUND, BIBBY, SCHNEIDER und MENDEL und LEVY einen Filamentenrasen, in dessen Maschen stellenweise Leukozyten und desquamierte Epithelien zu sehen sind.

Qualitative und quantitative Untersuchungen des Zahnsteins ergeben auch in dieser Hinsicht eine Ähnlichkeit mit den natürlichen Hartgeweben des Organismus. Mittels Röntgendiagramms finden JENSEN und DANØ in 52 Zahnsteinproben immer Hydroxylapatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$), daneben Whitlockite ($\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) und Brushit ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Nach ROWLES versteift ein geringer Betrag von Mg-Atomen das Kristallgitter des Whitlockite, einer besonderen Kristallstruktur des Kalziumphosphats, die bei erhöhten Temperaturen (Mundhöhle) entsteht. Whitlockite ist härter, Brushit weicher als Apatit.

Neue spektralanalytische Zahnsteinuntersuchungen von MIGHAILOV ergeben:
a) Im ultravioletten Teil die Elemente: P, Ca, Mg, Si, Mn, Fe, Pb, Co, Ni, Ag, Cd, Cr, Sb, Zn, Ba und Cu. b) Im nahe-infraroten Teil: K und Na. Anteilmäßig stark vertreten sind Ca, Mg, P, Na, K und Pb. Auf das Vorkommen der im Körper seltenen Elemente Mg und Cu wird besonders hingewiesen.

Die quantitativen Untersuchungen von GLOCK und MURREY (zit. n. Schaef-fer) ergeben folgende Werte:

Anorganische Masse 82%

Bestandteile: Kalzium- und Magnesiumphosphat	79%,
Kalziumkarbonat	3, 2 %.

Organische Masse 8, 34%

Bestandteile: Keratin, Nuclein, Nucleinsäure, ferner Fett	2, 7%.
---	--------

Theorien der Zahnsteingenesse

Nachdem über die Fragen der Zusammensetzung des Zahnsteins eine relative Einigkeit herrscht, ist der Fragenkomplex der Zahnsteinentstehung nur zum Teil geklärt. Unsere Anschauungen beruhen auf Erkenntnissen, Theorien und Hypothesen. Die letzteren machen davon einen nicht geringen Teil aus, wofür die sehr umfangreiche Literatur ein beredtes Zeugnis ablegt. In dieser Arbeit kann nur ein geringer Teil, insbesondere die neuere Literatur, berücksichtigt werden.

Unzureichende Mundpflege fördert die Zahnsteinbildung. GOTTLIEB vertritt die Ansicht, daß durch regelmäßiges Zähnebürsten Zahnsteinansatz vermieden werden kann. KLUCZKA führt neben mangelhafter Zahnpflege ungenügende Kautätigkeit, Mundatmung und erhöhtes Speichelleiweiß als ätiologische Faktoren an. Daneben weist er auch auf psychische Einflüsse und Zusammenhänge mit Allgemeinerkrankungen wie z. B. Diabetes hin.

Die Wasserstoffionenkonzentration im Speichel ist bei der Zahnsteinentstehung

von Bedeutung. So finden LASH und LEVINE einen 24%-igen Anstieg der Kalksalzpräzipitation im pH-Bereich von 6,8 - 8,5 verglichen mit einem Speichel-pH von 4,5 - 6,0.

RAPP hat eingehende Speicheluntersuchungen in bezug auf Kalziumgehalt, Phosphatgehalt, aktuellen und kritischen pH-Wert durchgeführt. Der kritische pH-Wert markiert einen Punkt, bei dessen Unterschreitung die solide Phase in Lösung geht. Oberhalb dieses pH ist die Lösung mit Ca^{++} - und PO_4^{---} -Ionen übersättigt und ein Teil fällt aus. RAPP findet nun den tatsächlichen, aktuellen pH-Wert bei allen Probanden über dem kritischen pH liegen. Daß trotzdem bei vielen kein Zahnstein gebildet wird, führt er auf die Funktion der Bikarbonate und Proteine zurück, die neben dem größtmöglichen Ionenprodukt (Löslichkeitsprodukt) weiteres Kalziumphosphat in Lösung halten. Er findet bei Zahnsteinbildnern eine größere Differenz zwischen aktuellem und kritischem pH als Folge eines gesenkten kritischen pH durch verstärkte Ausschüttung von Kalziumphosphat. RAPP vermutet, daß es wegen der beachtlichen Differenz jeweils nur geringer Alkalisierung bedarf, um eine Präzipitation herbeizuführen.

Nach MATHIS wird häufig die Zahnsteinbildung als Analogon zu den kolloid-chemischen Vorgängen bei der Entstehung anderer Körperkonkremente angesehen. Durch Konkretion der organischen Masse wird ein Steinkern gebildet, um den sich wieder Kolloidschichten lagern. Es kommt zur Verfestigung unter H_2O -Abgabe (Synärese) und schließlich zur Inkrustation durch Kalksalzeinlagerung.

Die weichen Beläge werden allgemein als organische Fraktion und Matrix des späteren Zahnsteins angesehen. Als Bestandteile dieser Beläge nannten bisher die meisten Autoren abgeschilferte Epithelien, Speisereste, Leukozyten, eingeschlossene Bakterien, als Bindemittel Muzin, Fett und Eiweiß. Die neuen Methoden der in-vivo- und in-vitro-Zahnsteinbildung amerikanischer Autoren wie WINKLER und BAKERDIRKS, MANDEL und LEVY, LEUNG, DAVIS und BAIRD-PARKER, BOWEN und GILMOUR, HAZEN und ZANDER ergeben aber eindeutig, daß der integrierende Bestandteil der Beläge Bakterien sind.

NAESLUND räumte schon 1926 den Bakterien die zentrale Stellung bei der Zahnsteinentstehung ein. Fadenbakterien vom Typ der Aktinomyceten und Leptothrixformen sollen einen biochemischen Prozeß einleiten, der zum Ausfallen der Kalksalze im Maschenwerk der Fäden führt. Diese Theorie wurde in der Folge oft angegriffen. NAESLUND bleibt jedenfalls das Verdienst, als

erster darauf hingewiesen zu haben, daß die organische Substanz hauptsächlich aus Bakterien zusammengesetzt ist.

Die Anwendung der von MANDEL, LEVY und WASSERMAN beschriebenen Zellulose-Azetatfolien, die als Zahnsteinträger im zahnsteinaktiven Gebiet (untere Front) an den Zähnen befestigt werden, ermöglicht es, die einzelnen Phasen vom ersten feinen Belag bis zur Kalkeinlagerung zu untersuchen. So konnte SCHNEIDER zeigen, daß grampositive Kokken und Stäbchen fast immer den Anfang der Belagsbildung darstellen. Später überwiegen Fadenbakterien, die an der Belags- oder Zahnsteinoberfläche einen dichten Filamentenrasen bilden. DAVIS und BAIRD-PARKER finden im weißen Belag in der Überzahl *Leptothrichia buccalis* und *Leptothrichia dentium*. Nach WINKLER und BAKER-DIRKS bestehen die Plaques zu 70% aus Bakterien, vorwiegend Anaerobiern. LEUNG stellte bei Versuchen zur in-vitro-Zahnsteinbildung (extrahierte Zähne werden alternierend in Speichel getaucht) fest, daß Hitze-sterilisation des Testspeichels sowie Abzentrifugieren der Bakterienflora zu einem Verkalkungsunvermögen führte.

B. DIE ZAHNSTEINENTFERNUNG DURCH CHEMISCHE MITTEL

Drei Wege der Zahnsteinentfernung werden beschritten:

1. Die manuell-instrumentelle Entfernung von Zahnstein und Konkrementen,
2. die Anwendung bestimmter Putzkörper,
3. die Anwendung chemischer Agentien.

ad 1: Diese Methode hat sich bis heute bei richtigem Vorgehen als die wirksamste bei relativer Unschädlichkeit erwiesen. Sie verlangt vom Zahnarzt einen großen Aufwand an Zeit und Konzentration.

ad 2: Durch den Gebrauch von Putzkörpern kann weder der Zahnarzt noch der Patient beim täglichen Zähneputzen eine genügende Zahnsteinentfernung erzielen. Nach KLUCZKA (1) sollen aber Putzkörper, z. B. ein Gemisch aus Bimsstein und Schlämmerkide, angeteigt in H_2O_2 (3%), die Glättung der nach manueller Steinentfernung noch zu rauen Zahnoberfläche ermöglichen.

ad 3: Die Anwendung selbsttätiger Mittel kann für Arzt und Patient große Bequemlichkeit mit sich bringen, sei es, daß der Arzt lediglich mit einer Lösung den Zahnstein betupft oder der Patient beim Zähneputzen das Mittel appliziert.

Zwei Gruppen von Substanzen dienen der Zahnsteinentfernung:

- a.) Auf die organische Fraktion im Zahnstein einwirkende Mittel,
- b.) auf die anorganische Fraktion im Zahnstein einwirkende Mittel.

a) Auf die organische Fraktion im Zahnstein
einwirkende Mittel

Natürliche Mittel sind gewisse Quellwässer. So beobachtete WEISSENFLUH eine zahnsteinlösende Wirkung der Schwefelquelle in Lenk (Schweiz) und HERMANN Entsprechendes bei der Heilquelle in Wiesbaden (Zitate n. Kluczka (1)).

Eines der bekanntesten "Zahnsteinentfernungsmittel" ist das "Solvolith" (Karlsbader Quellsalz, im wesentlichen Na_2SO_4 und $\text{Na}_2\text{-}$ und CaCO_3). Hierher gehören auch "Emsolith", Emöform, Selgin und andere Salzkombinationen. Nach URBANTSCHITSCH sollen diese albuminlösenden Salze die kolloidale Vorstufe des Zahnsteins zerstören. Aber auch der Zahnstein selbst soll durch Quellung und schließlich Verflüssigung der organischen Substanz zum Zerfall gebracht werden.

Die Urteile sind einander widersprechend. Nach SACHS und BRÜNGER ist ein genereller Einfluß auf den harten Zahnstein nicht festzustellen. LAY fand bei in-vitro-Versuchen mit Solvolith eine deutlich zahnsteinlösende Wirkung, im praktischen Versuch war das Ergebnis nicht mehr eindeutig positiv. Die Salzkombinationen leisten nach LAY gute Dienste in der Prophylaxe, also der Zahnsteinverhütung durch Auflösung und Beseitigung der weichen Beläge.

BRÄUNLICH empfahl 1924 das Natrium-Sulforizinoleat (zit.n. LEHR). Es handelt sich um das Natriumsalz des sulfurierten Rizinusöls, das nach WILLI durch seine stark emulgierende Wirkung imstande ist, denaturiertes Eiweiß zu lösen. Nach LAY werden Eiweißmoleküle infolge der heteropolaren Struktur des Mittels aufgelöst und absorbiert. Die weichen Beläge werden dadurch vermindert und der Zahnstein in seiner organischen Substanz angegriffen, ohne daß die Zahnschmelze geschädigt wird.

REBEL (2) hebt die stark peptisierende und antiphlogistische Wirkung der Sulforizinoleate hervor. Die gute Reinigungskraft dieser Mittel soll zur Auflösung der weichen Beläge führen. Eine zahnsteinlösende Wirkung spricht REBEL (2) den Sulforizinoleaten ab.

Ebenfalls auf die Zerstörung der organischen Substanz im Zahnstein ist die Anwendung von Fermenten gerichtet. Pepsin und Trypsin (Proteasen) ent-

haltende Pasten haben bei in-vitro-Versuchen von LEHR eine gut lösende Wirkung auf Zahnstein. Die Anwendung in vivo ergab kein befriedigendes Resultat.

van HUYSEN und BHATAVADAKER stellen unter Muzinase eine Reduktion der in-vitro-Zahnsteinbildung fest.

Bekanntlich benötigen die Fermente eine bestimmte Wasserstoffionenkonzentration für ihre optimale Wirkung. Durch Abweichung von dieser Konzentration werden sie unwirksam oder gar zerstört. Das Wirkungsoptimum auf Zahnstein liegt nach in-vitro-Versuchen von SCHOBESS bei pH 2,2 von Pepsin und pH 8 von Trypsin. Wir dürfen aber mit Rücksicht auf die Zahnhartsubstanz, die Kariesfrequenz und das Parodontium weder das eine noch das andere Milieu im Munde herstellen. Darüber hinaus vermuten wir, daß Fermente, deren Wirkungsintensität ausreicht, die im Zahnstein schwer zugängliche organische Substanz zu lösen, eher die Mundschleimhaut andauern würden.

b) Auf die anorganische Fraktion im Zahnstein einwirkende Mittel

Unter dieser Gruppe finden sich zum Teil hochwirksame Stoffe, deren Zahnsteinlösungsvermögen aber proportional ist dem schädlichen Einfluß auf die Zahnhartsubstanzen.

Folgende Zahlen von SACHS und BIBRA zeigen die Problematik der Zahnsteinentfernung durch Auflösung der anorganischen Fraktion auf:

	Schmelz	Zahnstein
Kalziumphosphat	89,82%	60,0%
Kalziumkarbonat	4,37%	8,0%

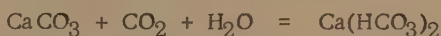
Dazu kommt, wie unter "Mineralogie des Zahnsteins" schon erwähnt, daß das Kalziumphosphat im Zahnstein als ein Apatit auch in struktureller Hinsicht den natürlichen Hartsubstanzen des Organismus nicht unähnlich ist.

TRAUNER und WISCHO (zit. n. TÜRKHEIM) glaubten, mit einer größeren Menge eines Neutralsalzes (TRAUNER empfiehlt Natriumbenzoat) nach dem Massenwirkungsgesetz die unlöslichen Kalksalze in Lösung bringen zu können. Es soll ein Komplexsalz aus Ca-Benzoat und Na-Benzoat entstehen, aus dem fortlaufend Ca-Benzoat entfernt wird, was zur allmählichen Lösung der Kalksalze im Zahnstein führt.

Diese Versuche mit Komplexbildnern sind nach TÜRKHEIM nicht geglückt.

Neueren Datums ist der Versuch von HAASE (zit.n. LAY), eine Zahnsteinlösung durch Komplexbildung herbeizuführen. Der Wirkstoff "Haase" setzt sich zusammen aus Kaliumborat-Kaliumcitrat und Natriumpolyphosphat. In komplizierten Reaktionen wird besonders das Kalziumkarbonat und in geringerem Ausmaß auch das Kalziumphosphat im Zahnstein angegriffen. LAY kommt zu dem Ergebnisse, daß die Einwirkung auf die Zahnhartsubstanz 10 mal langsamer abläuft, als es beim Zahnstein der Fall ist. Die Zahnsteinneubildung wird unter der Wirkung dieses Mittels verzögert, aber nicht verhindert.

Gasbildende Mittel sollen ebenfalls der Zahnsteinentfernung dienen. So erwähnt LAY das Kohlensäure absaltende Mittel "Bellinex" (rote Tube: schwache organ. Säure, blaue Tube: NaHCO_3). Durch freie Kohlensäure wird unlösliches Kalziumkarbonat nach der Gleichung:



in Lösung gebracht. LAY bezeichnet das Mittel als unschädlich und stellt unter der Voraussetzung sorgfältigster Zahnpflege eine zahnsteinangreifende Wirkung fest.

Ein weiteres Mittel dieser Art ist das Fluorwasserstoff absaltende "Fluosept". Der praktische Versuch mit dieser Paste ergibt nach LAY kein positives Ergebnis.

Weit verbreitet war die Anwendung organischer oder anorganischer Säuren. Sie vermögen je nach Dissoziationsgrad die Salze der schwächeren Säuren (Phosphor- und Kohlensäure) im Zahnstein, aber auch in der Zahnhartsubstanz, zu lösen. Schon im vorigen Jahrhundert warnten einige Autoren vor der Säureanwendung. Inzwischen ist diese Warnung von so vielen Seiten ausgesprochen worden, daß wir uns darauf beschränken, REBEL (2) und KLUCZKA (1) zu zitieren: Ersterer hält generell Substanzen mit einem niedrigeren Wert als pH 5 für schädlich, letzterer weist darauf hin, daß die diesbezüglich wirksamen Mittel den Schmelz schädigen.

Im Laufe der Zeit sind sehr viele Säuren und immer neue Anwendungstechniken probiert worden. PREISWERK schreibt 1902: "Ich selbst wende zum Entsetzen vieler Kollegen die 30-prozentige Salzsäure an und habe mir dadurch die Sache außerordentlich leicht gemacht." Er glaubt, bei sehr kurzer Anwendungsdauer und anschließender Neutralisation den Zahnschmelz nicht zu schädigen. Die Untersuchungen von SCHMIDT und ROTH ergeben jedoch,

daß schon nach 25 sec. eine Zerstörung des Schmelzoberhäutchens eintritt. Ähnlich hat ROTH die Gluconsäure und die besonders häufig verwendete 60-prozentige Milchsäure beurteilt (erhebliche Prismenfreilegung nach 1-5 min.).

Es ist unnötig, die Vielzahl der bisher verwendeten Säuren aufzuzählen, weil sie alle das gleiche Wirkungsprinzip haben. Ihre Schädlichkeit für die Zahnhartsubstanz kann heute nicht mehr bezweifelt werden.

LAY weist in seiner ausführlichen Arbeit, in der wohl der größte Teil aller auf dem Markt befindlichen "Zahnsteinentfernungsmittel" gewürdigt wird, darauf hin, daß besonders bei den Präparaten, deren wirksames Prinzip eine Säure ist, die Versprechungen der Hersteller mit der Wirklichkeit in schroffem Gegensatz stehen. Die Behauptung einer guten Wirksamkeit ist in vielen Fällen nicht zu widerlegen; hingegen wird mit dem Versprechen der "völligen Unschädlichkeit" das Vertrauen des Publikums stark mißbraucht.

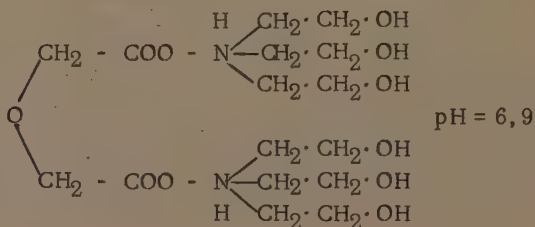
C. ZAHNSTEINENTFERNUNG MIT TRIÄTHANOL-AMINDIGLYKOLAT

Die Chemiker Dr. PFRENGLE und Dr. PIETUCK haben zahnsteinlösende Zahnreinigungsmittel hergestellt, die dadurch gekennzeichnet sind, daß sie wasserlösliche Diglykolate enthalten. Und zwar: Ammonium- und Alkalidiglykolate wie Dinatriumdiglykolat, ferner Diglykolate organischer Basen wie Harnstoff, Guanidin, Mono-, Di- und Triäthanolamin.

Die wasserlöslichen Salze der Diglykolsäure sollen laut Patentschrift zur Zahnsteinentfernung gut geeignet sein, wörtlich: "Sie lockern und lösen ihn (den Zahnstein), ohne dabei unerwünschte Nebenwirkungen zu zeigen."

Als besonders unschädliches und wirksames Mittel wird das Triäthanolamindiglykolat angegeben. Diese Substanz setzt sich zusammen aus einem Molekül Diglykolsäure und zwei Molekülen Triäthanolamin, hat einen pH-Wert von 6,9, ist dickflüssig und von mittelbrauner Farbe.

Formel:



Triäthanolamindiglykolat gehört zur Gruppe der Komplexbildner, die das Kalzium durch komplexe Bindung aus dem Zahnstein herauslösen, damit sein Gefüge lockern und schließlich zum Zerfall bringen sollen.

Die Erfinder stellen anhand von Modellversuchen fest, Triäthanolamindiglykolat wirke spezifisch auf den Zahnstein, weil es den Schmelz wegen des geringen Karbonatgehalts, daneben wegen der wohlgeordneten Apatitstruktur und des Fluorgehalts weit weniger angreife als den karbonatreicheren Zahnstein. Es wird also nicht behauptet, Triäthanolamindiglykolat sei völlig wirkungslos auf die Zahnhartsubstanz; jedoch halten die Erfinder die Einwirkung für so gering, daß sie vernachlässigt werden kann.

Versuche in vivo

Das Mittel wurde uns in Form einer Paste folgender Zusammensetzung für Versuche zur Verfügung gestellt:

Paste 1:	1,2 % Natriumalginat
	18,1 % H ₂ O dest.
	24,92% Glycerin
	9,06% waschaktive Substanz (50%ig)
	1,81% Aroma
	5,0 % Triäthanolamindiglykolat
	2,72% Aerosil
	0,05% Saccharin
	0,92% Natriumsulfat
	36,22% Calciumpyrophosphat

Der Putzkörper Calciumpyrophosphat wird besonders in solchen Zahnpasten verwendet, bei denen es notwendig ist, den Gehalt an löslichem Calcium so gering wie möglich zu halten. Das ist bei Zahnpasten mit Fluoridzusatz, ebenso bei dem Zusatz von Triäthanolamindiglykolat, von ausschlaggebender Bedeutung.

In einer zweiten Versuchsreihe wurde eine Paste folgender Zusammensetzung getestet:

Paste 2:	1,63% Natriumalginat
	17,67% H ₂ O dest.
	0,05% Saccharin
	24,92% Glycerin
	2,72% Aerosil
	9,06% waschaktive Substanz (50%ig)
	1,89% Aroma
	37,14% Maddrellsches Salz (unlösliches Natriummeta- phosphat)
	5,0 % Triäthanolamindiglykolat

Es wurden 14 freiwillige Versuchspersonen ausgewählt, die genügend, d.h. soviel Zahnstein bildeten, daß quantitative Untersuchungen ohne eine zu große Fehlerquote vorgenommen werden konnten.

In einem Vorversuch wurde zunächst festgestellt, wieviel Zahnstein der einzelne Proband unter normalen Bedingungen in 3 Monaten bildet. Zahnstein und Konkremente wurden sorgfältig entfernt. In dem folgenden Zeitabschnitt von 3 Monaten benutzten die Probanden Super Colgate, die ihnen zur Verfügung gestellt wurde. Wie bei den folgenden Versuchsreihen wurden keine putztechnischen Richtlinien gegeben. Es wurde aber vorgeschrieben, die Paste morgens und abends zu benutzen.

Nachdem uns der Vorversuch die nötigen Vergleichswerte gebracht hatte, wurden für die Dauer von jeweils 3 weiteren Monaten in einer ersten Versuchsreihe die "Paste 1" und in einer zweiten Versuchsreihe die "Paste 2" verordnet. Nach Ablauf von jeweils 3 Monaten wurde der neuentstandene Zahnstein sorgfältig instrumentell entfernt und gesammelt.

Methode:

Um die zum Teil sehr kleinen Zahnsteinpartikel auffangen zu können, wurde ein Apparat benutzt, dessen wesentlicher Teil ein Filter, eine sog. Nutsche ist. Zur weiteren Ausrüstung gehört eine Pumpe und ein Elektromotor. Wir benutzten Glasfilternutschen mit einer mittleren Porenweite von 40 μ . Die durch den Elektromotor angetriebene Pumpe saugt Flüssigkeit aus der Nutsche durch das Filter in die Saugflasche ab.

Der losgelöste, im Munde liegende Zahnstein wurde vom Probanden mit dem Mundspülwasser auf die Nutsche gespült. Hier wurde die Flüssigkeit durch das Filter abgesaugt, während die Zahnsteinpartikel auf dem Filter liegen bleiben.

Nach 12-stündiger Aufbewahrung im Trockenschrank wurden die Nutschen mit dem Zahnstein gewogen. Das Gewicht wurde mit dem bekannten Leergewicht

der einzelnen Nutsche verrechnet, so daß sich das Gewicht des Zahnsteins ergab. Anschließend wurden die Partikel von den Filtern gekratzt und ge-
glüht, also die organische Substanz verascht. Danach wurde erneut gewo-
gen und so der Glührückstand festgestellt, der unser wichtigster Vergleichs-
wert ist, weil er frei ist von den verschiedenen starken organischen Beimengun-
gen (weiche Beläge).

Anschließend wurde im Glührückstand das Calcium und das Phosphat analy-
tisch bestimmt, um zu klären, ob die eventuell eingetretene Substanzver-
minderung einen der beiden Anteile vorzugsweise betrifft.

Wegen der geringen, oft nur wenige Milligramm wiegenden Mengen wurde
die Analyse photometrisch vorgenommen. Mit Hilfe des Beckmann-Spektral-
photometers wurden die Gewichtsprozente der Anteile, ausgedrückt in CaO
und P_2O_5 , bestimmt.

Zunächst wurde der Phosphatanteil nach der Molyblau-Methode bestimmt:
Das sauergelöste Calciumorthophosphat ergibt mit Ammonmolybdat und Re-
duktionslösung eine Blaufärbung (der Farbton wird dunkler mit steigendem
Phosphatgehalt). Die Farbintensität wird gegen eine Nulllösung, die alle
Salze der zu prüfenden Lösung mit Ausnahme des Phosphats enthält, im
Beckmann-Spektralphotometer gemessen und nach einer Eich-tabelle der
 P_2O_5 - bzw. Phosphatgehalt bestimmt.

Das Kalzium wurde flammphotometrisch bestimmt: Die sauergelösten Kal-
ziumsalze werden in einer Wasserstoff-Sauerstoff-Flamme verdunstet. Die Io-
nenanregung ergibt eine bestimmte Flamme (mit steigendem Kalziumge-
halt heller werdend), deren Farbbanden bei der spektrometrischen Untersu-
chung Aufschluß über den Kalziumgehalt geben.

Gewichtsmengen verschiedener Elemente oder chemischer Verbindungen wie
hier CaO und P_2O_5 stellen an sich keine vergleichbaren Mengen dar. Bei-
spiel: 1 g Wasserstoff enthält viel mehr Atome als 1 g Sauerstoff, weil das
Atomgewicht des Wasserstoffs geringer ist. Deshalb bezogen wir die gefunde-
nen Werte auf solche Mengen, die den Molekulargewichten proportional
sind, d.h. wir rechneten in "Mol" um.

Eine unter der Anwendung der Versuchspasten eintretende Änderung der Re-
lation Mole CaO : Mole P_2O_5 gegenüber dem Vorversuch bedeutet also, daß
die vom Triäthanolamindiglykolat weggeschafften Mengen chemisch einander
nicht äquivalent sind bzw., daß durch die Einwirkung von Triäthanolamindi-
glykolat sich die Zusammensetzung des Zahnsteins geändert hat.

Tabelle 1
Start

Proband	Parodontium	gesamt mg	Glüh- verl.	% CaO	% P ₂ O ₅	Mol CaO/ Mol P ₂ O ₅
A	o. B.	124,0	30,0	32,65	16,8	4,92
B	Gingivitis marginalis	44,5	24,1	36,3	18,2	5,06
C	Gingivitis marginalis	36,2	32,0	47,2	15,5	7,71
D	Gingivitis catarrhalis	62,1	46,8	29,8	13,8	5,49
E	Gingivitis marginalis	49,8	31,2	44,5	19,6	5,75
F	Parodontitis marg. progr.	163,8	26,1	45,2	19,1	5,99
G	o. B.	190,9	25,6	41,9	18,7	5,68
H	Parodontitis marg. progr.	132,1	26,3	37,4	15,0	6,32
I	Parodontitis marg. progr.	189,3	24,3	41,4	19,7	5,32
J	isolierte Papillitis	29,8	11,5	31,9	19,7	4,10
K	o. B.	12,6	28,9	26,7	15,1	4,45
L	Parodontose, fortgeschritt.	270,4	19,4	41,8	23,0	4,61
M	o. B.	159,2	33,6	39,4	20,4	4,88
N	Parodontose, leicht	57,2	34,3	30,6	15,85	4,89
Durchschnitt		109,0	28,7	37,1	17,9	5,36

Tabelle 2
Vorversuch mit Super Colgate

Proband	Parodontium	gesamt mg	mg Rück- stand	% Glüh- verl.	% CaO	% P ₂ O ₅	Mol CaO/ Mol P ₂ O ₅
A	Gingivitis marginalis	81,0	49,6	38,7	36,7	16,4	5,67
B	Gingivitis marginalis	91,5	1,0	= Verlust von Material			
C	Gingivitis marginalis	27,0	16,2	39,9	58,0	20,2	7,26
D	o. B. ⁺	31,0	20,8	30,5	29,45	15,2	4,89
E	Gingivitis marginalis	7,6	5,4	28,3	52,15	16,1	8,2
F	Parodontitis marg. progr.	32,0	19,8	25,6	29,5	16,55	4,51
G	o. B.	29,4	21,0	28,3	43,9	18,5	6,01
H	Parodontitis marg. progr.	28,1	18,7	33,2	35,1	14,5	6,09
I	Parodontitis marg. progr.	64,5	47,9	25,8	32,3	17,1	4,78
J	o. B. ⁺	30,6	18,3	40,2	37,6	14,7	6,49
K	o. B.	1,0	0,5	47,6	63,4	20,3	7,91
L	Parodontose fortgeschr.	28,3	18,5	35,6	36,1	16,2	5,62
M	Gingivitis marginalis ⁺	15,1	9,7	35,7	34,4	17,2	5,05
N	Parodontose leicht	3,4	1,8	46,1	38,8	16,0	6,12
Durchschnitt		33,6	17,75	37,1	40,5	16,3	6,04

(⁺ = Zustandsänderung am Parodont. vergl. Start)

Tabelle 3

1. Versuchsreihe

Paste 1: Triäthanolamindiglykolat mit Putzkörper Calciumpyrophosphat

Proband	Parodontium	gesamt mg	mg Rück- stand	% Glüh- verl.	% CaO	% P ₂ O ₅	Mol CaO/ Mol P ₂ O ₅
A	o. B.	102,0	70,1	31,3	51,1	29,6	4,37
B	Gingivitis marginalis	120,0	76,5	36,4	2,94	7,25	1,03
C	Gingivitis marginalis	40,6	40,1	1,2	20,8	24,1	2,19
D	o. B.	62,5	42,4	32,5	22,95	17,2	3,36
E	Gingivitis marginalis	64,7	35,2	45,9	8,7	18,3	1,2
G	o. B.	25,4	18,9	22,5	33,0	32,3	2,59
H	Parodontitis marg. progr.	45,8	31,6	30,8	43,3	26,3	4,17
I	Parodontitis marg. progr.	103,5	62,0	40,0	18,05	25,7	1,78
J	o. B.	13,7	8,6	37,5	11,6	21,2	1,39
K	o. B.	2,4	1,4	37,0	25,05	28,9	2,20
L	Parodontose fortgeschr.	28,8	19,3	33,1	52,0	26,8	4,91
M	o. B.	66,2	44,6	32,3	41,1	28,4	3,66
N	Parodontose leicht	13,6	7,8	42,0	22,0	27,6	2,02
Durchschnitt		53,0	35,2	33,3	29,9	24,1	2,68

Probandin F brach die Mitarbeit ab.

Tabelle 4

2. Versuchsreihe

Paste 2: Triäthanolamindiglykolat mit Putzkörper Natriummetaphosphat (unlöslich)

Proband	Parodontium	gesamt mg	mg Rück- stand	% Glüh- verl.	% CaO	% P ₂ O ₅	Mol CaO/ Mol P ₂ O ₅
A	Gingivitis catarrhalis [†]	45,5	30,8	32,1	55,5	27,9	5,04
B	Gingivitis marginalis	0,6	0,4	30,9	6,45	7,3	2,24
C	Gingivitis marginalis	25,4	16,9	33,5	24,92	19,3	3,26
D	o. B.	9,5	5,1	46,2	25,2	22,4	3,54
E	Gingivitis marginalis	0,6	0,3	44,5	22,8	12,4	4,65
G	o. B.	11,9	8,2	30,0	37,1	29,7	3,16
H	Parodontitis marg. progr.	31,8	21,5	32,3	40,9	27,2	3,81
I	Parodontitis marg. progr.	40,5	24,3	40,0	41,7	24,9	4,25
J	o. B.	10,9	7,3	33,1	8,94	23,8	0,95
K	o. B.	9,0	5,9	34,1	27,85	29,3	2,41
L	Parodontose fortgeschr.	50,7	33,6	33,7	38,6	30,7	3,18
M	o. B.	29,4	17,9	39,0	29,1	22,5	4,12
N	Parodontose leicht	10,0	6,7	32,5	21,4	22,4	2,42
Durchschnitt		21,2	13,75	35,6	29,2	23,1	3,31

([†] = Zustandsänderung am Parodont. vergl. 1. Versuchsreihe)

Ergebnisse der Versuche in vivo

Die quantitative Analyse erhärtete die klinische Feststellung der unterschiedlichen Wirkung des Triäthanolamindiglykolats bei den einzelnen Probanden.

Die bedeutende Differenz der Gesamtmilligramm-Durchschnittswerte zwischen Start und den nachfolgenden Versuchsreihen wird durch den z. T. mehrere Jahre alten Zahnstein am Anfang verursacht.

In der Kombination mit dem Calciumpyrophosphat als Putzkörper (Tab. 3) bleibt das Triäthanolamindiglykolat völlig wirkungslos. Es ist sogar eine Vermehrung des Glührückstandes festzustellen. Es sei dahingestellt, ob dies mit der allerdings sehr geringen Löslichkeit des Calciumpyrophosphats zusammenhängt. Ist dies zu bejahen, dann würden die Ca^{++} -Ionen des Putzkörpers in der Tube mit dem Triäthanolamindiglykolat ein Komplexsalz bilden. Die Wirksubstanz wäre also verbraucht, und das Kalzium des Zahnsteins könnte nicht mehr gebunden werden.

In der 2. Versuchsreihe (Tab. 4) mit dem unlöslichen Natriummetaphosphat als Putzkörper war der Glührückstand durchschnittlich 22, 5% geringer als im Vorversuch (Tab. 2).

Das Verhältnis der molaren Konzentration von Calciumoxyd zum Phosphor-pentoxyd hat sich unter der Anwendung der Kontrollzahnpaste (Tab. 2) nicht wesentlich geändert. Der Quotient dieser Relation ist jedoch nach Gebrauch der Versuchszahnpasten (Tab. 3 und 4) um etwa die Hälfte verkleinert. Das Calcium ist also stärker geschwunden als der Phosphatanteil. Man kann daraus den Schluß ziehen, daß das Calciumkarbonat anteilmäßig stärker angegriffen wurde als das Calciumphosphat.

Versuche in vitro

Diese Versuche sollten erstens in der Frage der Wirksamkeit die in-vivo-Versuche ergänzen, zweitens genaueren Aufschluß in der Frage der Schädlichkeit für die Zahnhartsubstanz geben.

Es wurde die Reinsubstanz des Triäthanolamindiglykolat in 5%-iger Lösung verwendet. Die Versuche wurden sämtlich bei ca. 37 Grad Celsius durchgeführt. Die Testlösungen wurden 12-stündlich erneuert.

a) 15 große Zahnsteinbrocken von 15 verschiedenen Patienten wurden in je 5 ccm der Lösung (in hartem Leitungswasser) gebracht.

Ergebnis:

Nach 6 Stunden war die Außenhülle des Zahnsteins in verschiedener Dicke erweicht. Man konnte eine dünne Schicht organischen Materials mit der Sonde abstreifen. Nach 12 Stunden war dieses Phänomen deutlicher. Nach 48 Stunden konnten die Brocken leichter zerdrückt werden als normalerweise (Härteminderung).

Nach 7 Tagen bestanden 7 von 15 Zahnsteinproben praktisch nur noch aus organischem Material, so daß sie leicht zwischen den Fingern zerquetscht werden konnten. 3 Zahnsteinproben hatten eine erweichte Hülle, aber einen harten Kern. 5 Zahnsteinproben waren nach 7 Tagen nicht verkleinert, zeigten aber eine leichte Härteminderung.

Wir konnten die Beobachtung machen, daß einige Zahnsteinproben diffus durchdrungen wurden, so daß ohne wesentlichen Substanzverlust eine Härteminderung eintrat. Bei anderen Proben war der Substanzverlust das Augenscheinliche; nach Abstreifen des organischen Materials trat jedoch ein harter Kern hervor.

b) 5 Proben fein pulverisierten Zahnsteins wurden in je 5 ccm der Lösung (in hartem Leitungswasser) gebracht.

Ergebnis:

Nach einer Stunde leichte Verminderung des Pulvers. Nach 24 Stunden Reduktion des Pulvers um etwa $\frac{3}{4}$. Nach 3 - 6 Tagen völlige Auflösung (übrig blieb die organische Fraktion in Form von Flocken).

c) 25 frisch extrahierte Zähne, die mit Zahnstein und Konkrementen behaftet waren, wurden in jeweils 10 ccm der 5%-igen Lösung (in hartem Leitungswasser) gebracht.

Ergebnis:

Nach 12 Stunden lösten sich von 2 Zähnen die Konkreme bei leichter Berührung ab.

Nach 24 Stunden war das gleiche bei 6 weiteren Zähnen zu beobachten. Durch kräftiges Putzen mit einer Zahnbürste (harte Kunstborsten) konnten von weiteren 14 Zähnen kleine Partikel, insbesondere solche von Konkrementen, abgelöst werden.

Nach 48 Stunden bis 7 Tagen konnten wir eine Ablösung großer Partikel in toto nicht mehr beobachten. Die Zahnsteinverminderung verlief dann nur noch nach dem in a) beschriebenen Modus.

d) 1) 16 frisch extrahierte Zähne verschiedener Patienten wurden in je 10 ccm der 5%-igen Lösung gebracht. Die Wirkung von Triäthanolamindiglykolat wird vermutlich durch ein stärkeres Angebot von Ca^{++} -Ionen mit dem Trinkwasser (beim Zähneputzen) schwächer. Da die Härte des Trinkwassers örtlich verschieden ist, haben wir, um einen Einfluß von Ca^{++} -Ionen gänzlich auszuschalten, die 5%ige Lösung mit Aqua dest. bereitet.

Ergebnis:

Alle 16 Zähne lagen 72 Stunden in der 12-stündlich erneuerten Lösung. Nach 72 Stunden konnten durch Sondieren an keinem Zahn Veränderungen der Kronen- und Wurzeloberfläche festgestellt werden. Ebenso negativ war der Befund bei Betrachtung der Zähne unter der Lupe.

d) 2) Oberflächenmikroskopische Untersuchung.

Um in der Frage der Schädlichkeit für die Zahnhartsubstanz weitmöglichst Klarheit zu schaffen, untersuchten wir die Zahnoberfläche mit der von WOLF entwickelten, durch ähnliches Vorgehen in der Metallurgie angeregten Adhäsionsreliefmethode, die als einzige ein geschlossenes Oberflächenbild großer Schmelzpartien vermittelt.

Durch Aufbringen einer klaren, schnell erstarrenden und stark lichtbrechenden Flüssigkeit erhält man einen Abguß des mikroskopischen Oberflächenreliefs.

Bei der technischen Durchführung bedienten wir uns der von HEUSER (zit. n. ROTH) vorgeschlagenen Vereinfachung.

Ein Stückchen Plexiglas (Bayer-Basisplatte) wurde in Chloroform gelöst. Ein Tropfen der Lösung wurde auf die vorher gereinigte und entfettete, zu untersuchende Schmelzpartie gebracht. Nach etwa 1 Minute ist ein trockener, flexibler Film entstanden, der mittels eines aufgeklebten Streifens Tesafilm abgezogen werden kann. Der Streifen wird mit den freien Enden auf einen Objektträger geklebt, so daß das Präparat dem Träger zugekehrt ist. Das Bild gewinnt im schräg einfallenden Licht an Plastizität (Verschieben des Kondensors).

Zum normalen Oberflächenrelief des Schmelzes

Dieses Kapitel kann im Rahmen unserer Arbeit nur gestreift werden; wir verweisen deshalb auf die umfassende Arbeit von WOLF.

Das normale Oberflächenrelief der Zähne ist verschieden. Neu durchgebrochene Zähne sind von dem Schmelzoberhäutchen (Nasmathsche Membran) überkleidet. Durch die Kautätigkeit, das Zähneputzen (Schleifkörper) und

andere mechanische und auch chemische Einflüsse wird die Membran mit der Zeit abgetragen, gleichzeitig werden auf dem Schmelz die verschiedensten Läsionen hinterlassen.

Die Nasmythsche Membran ist eine letzte Bildung des Schmelzorgans. Nach WOLF handelt es sich um eine Weiterbildung der interprismatischen Substanz (mit etwas anderer Zusammensetzung) nach beendeter Prismenbildung. Die Prismen werden von der Membran völlig abgedeckt. In der Regel kommt es als Fortsetzung der interprismatischen Substanz zu einer überschießenden Produktion, so daß wabenartig angeordnete Leisten entstehen. Besonders in der Zahnhalsgegend wird dieser Überschuß in einer Richtung immer stärker, die Schmelzprismen werden immer vollständiger und schließlich ganz übergossen. In diesem Bezirk weist die Nasmythsche Membran als Fortsetzung eines Retziusstreifens mit vermehrter Bildung interprismatischer Substanz eine immense Verdickung auf. Dieses Bild wiederholt sich rhythmisch, wodurch ein wellenförmiges Aussehen zustande kommt. Die Wellen sind die sog. Perikymatien.

Der im folgenden beschriebene Versuch wurde durchgeführt, um die Brauchbarkeit der WOLF'schen Methode für unseren Zweck zu erproben. Gleichzeitig sollten durch Säureätzung hervorgerufene Veränderungen der Schmelzoberfläche demonstriert werden.

Versuch:

Auf 10 frisch extrahierte, gereinigte Zähne wurde mit einer Pipette ein kleiner Tropfen 25%-ige Salzsäure gebracht. Nach 1 Sekunde Einwirkungszeit wurde die Salzsäure unter fließendem Wasser abgewaschen. Eine kürzere Einwirkungsdauer ist nur auf Kosten der Genauigkeit zu erreichen, eine längere ist aus technischen Gründen nicht zweckmäßig, weil, wie aus dem folgenden verständlich, die Zahnoberfläche so rauh wird, daß der Film, bei dem Versuch, ihn abzuziehen, daran haften bleibt.

Ergebnis:

Sämtliche 10 Zähne verloren makroskopisch an den behandelten Stellen den natürlichen Glanz.

Das mikroskopische Oberflächenrelief zeigte in allen Fällen eine scharfbegrenzte starke Erosion bei fehlendem Schmelzoberhäutchen bzw. eine Aufquellung und Zerstörung des Schmelzoberhäutchens dort, wo es vorher vorhanden war.

Abbildung 1 zeigt im oberen Abschnitt die Zerstörung der Nasmythschen Membran in der Zahnhalsgegend von /3. In der unteren Hälfte sind die normalen Perikymatien zu sehen.

Die Abbildungen 2 und 3 zeigen die durch den Putzakt allmählich vom Schmelzoberhäutchen entblößten labialen Flächen von $\sqrt{1}$ und $\sqrt{3}$. Jeweils rechts im Bild ist, scharf abgegrenzt vom normalen Schmelz, die Zerstörung der Schmelzoberfläche durch die Säurebehandlung zu sehen. In Bild 3 ist ein Teil des Films an dem arrodiierten Schmelz haften geblieben.

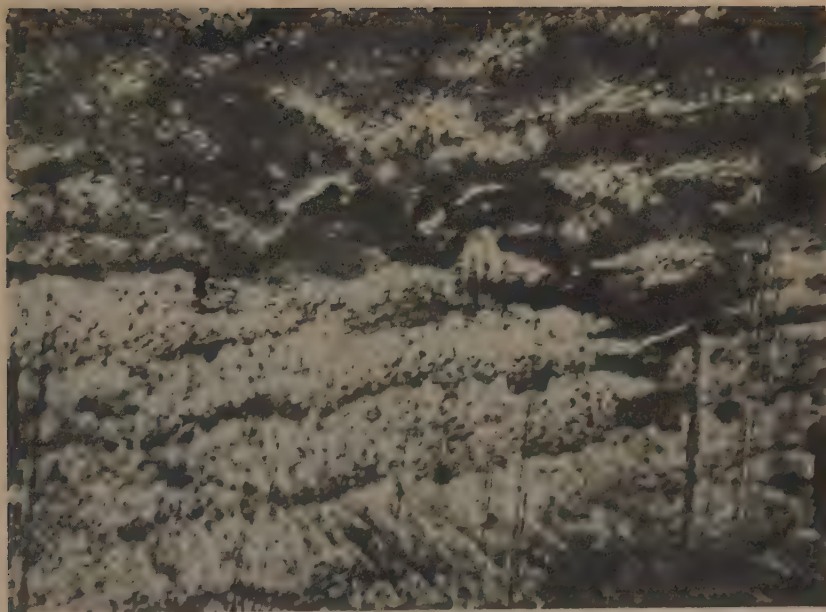
Versuch 2:

Die im Versuch d) 1) erwähnten 16 frisch extrahierten Zähne wurden vor dem Einlegen in die 5%-ige Triäthanolamindiglykolat-Lösung an der Zahnkrone markiert. An den markierten Stellen wurde ein Abguß des Oberflächenreliefs hergestellt: Abbildung 4 zeigt einen Ausschnitt der (makroskopisch glatt und glänzend erscheinenden) palatinalen Fläche eines $\sqrt{6}$. Abbildung 5 zeigt die distale Fläche eines $\sqrt{3}$. Die Perikymatien sind gut zu erkennen, stellenweise auch das Wabenmuster der Prismenenden. Abbildung 6 zeigt die stark abradierte okklusale Fläche (mesio-bukkaler Höcker) eines $\sqrt{7}$: Nasmythsche Membran nicht mehr vorhanden, im Schmelz oberflächliche und tiefe Läsionen.

Alle 16 Zähne lagen 72 Stunden in der Lösung. 24-stündlich wurden von den markierten Stellen Abgüsse genommen und das Oberflächenrelief mikroskopisch untersucht.

Ergebnis:

Es zeigten sich bei allen Untersuchungen weder an der Nasmythschen Membran noch am bloßen Schmelz irgendwelche Veränderungen unter der bis zu 72-stündigen Einwirkung der 5%-igen Triäthanolamindiglykolat-Lösung in Aqua dest. Die Abbildungen 7, 8 und 9 zeigen die den Abbildungen 4, 5 und 6 entsprechenden Zahnpartien nach 72-stündigem Liegen der Zähne in der Lösung.



Vergrößerung: 85-fach

Abb. 1



Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4

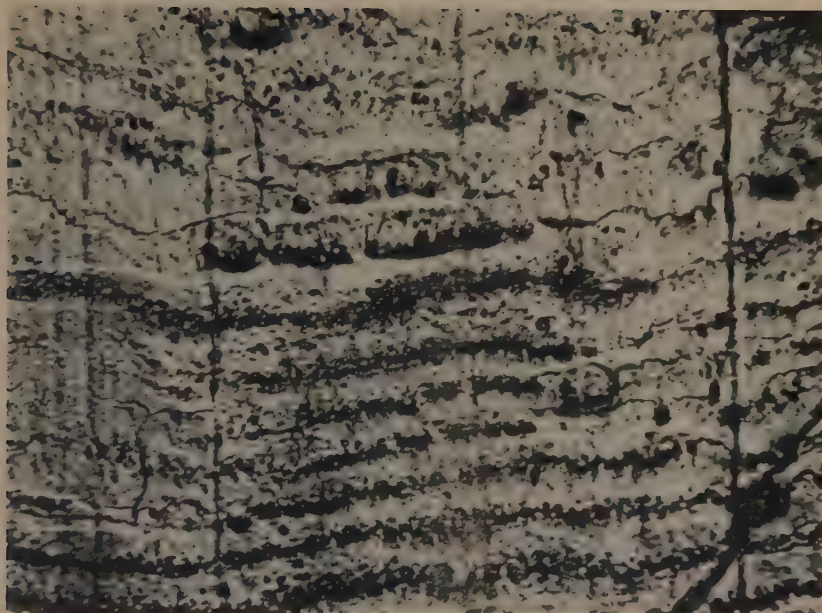
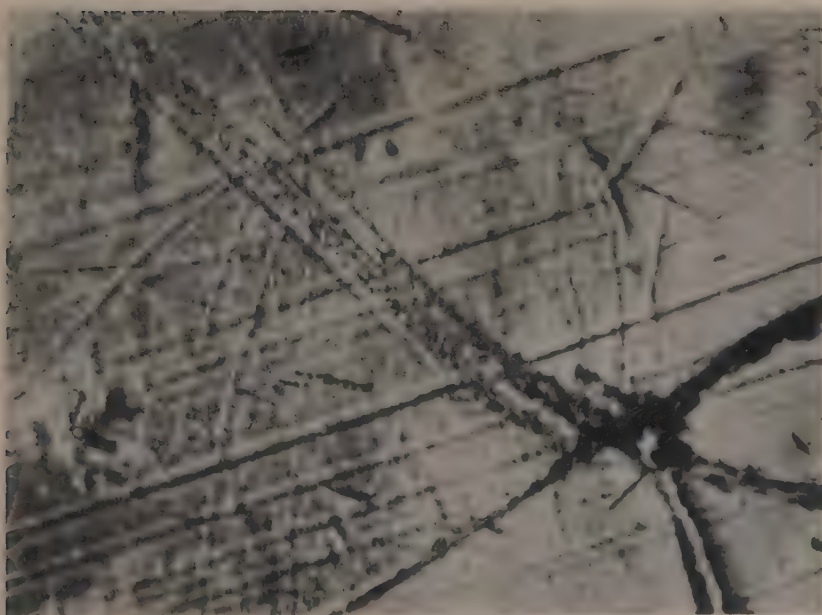


Abb. 5



Parallelstreifung = Artefakt

Abb. 6

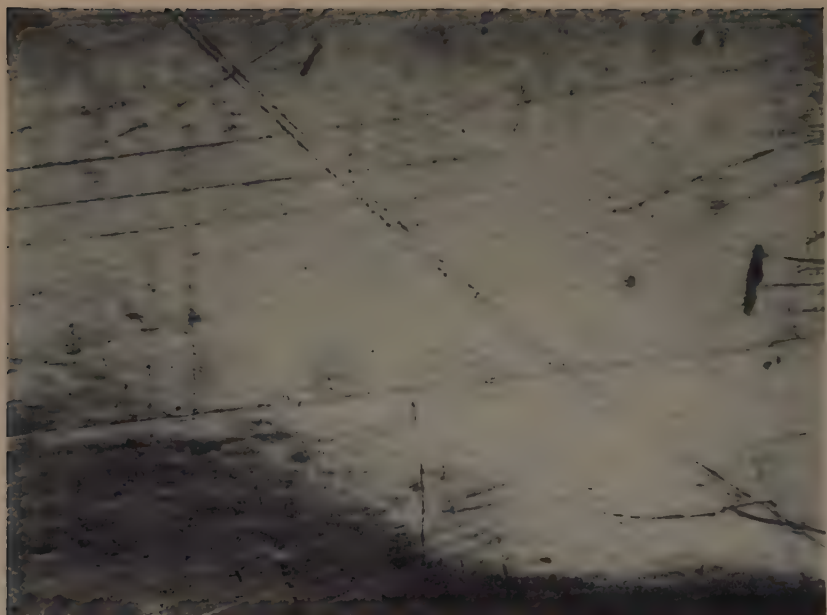


Abb. 7

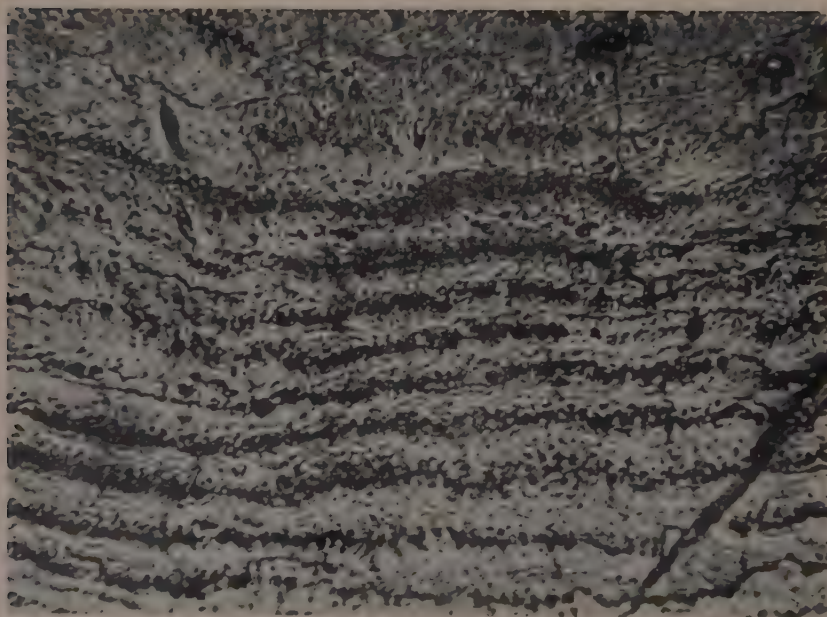


Abb. 8



Abb. 9

Parallelstreifung = Artefakt

DISKUSSION

- 1.) Eine Zahnsteinverminderung in unseren in-vivo-Versuchen konnte durch Wiegen relativ genau festgestellt werden, weil bei unserem Vorgehen auch kleinste Zahnsteinpartikel gesammelt wurden.
- 2.) Das Ausmaß der Zahnsteinreduktion durch Triäthanolamindiglykolat war bei den einzelnen Probanden bzw. einzelnen Zahnsteinproben in vitro sehr unterschiedlich. Die milde Wirkung der Substanz dürfte zur Zahnsteinbeseitigung nicht ausreichen, ist aber geeignet, die Zahnsteinneubildung zu verlangsamen.
- 3.) Energische Zahnpflege wird, unabhängig von dem verwendeten Zahnpflegemittel, immer zu einer Verminderung der Zahnsteinbildung führen. Eine Verfälschung des positiven Ergebnisses der 2. Versuchsreihe (Reduktion der Zahnsteinneubildung um 22,5%) durch intensivierte Zahnpflege kann jedoch praktisch ausgeschlossen werden, da nach halb- bis dreiviertelständiger Mitarbeit (Vorversuch und zwei Versuchsreihen) der anfängliche Enthusiasmus der Probanden geschwunden war.
- 4.) Abgüsse der Zahnschmelzoberfläche nach WOLF geben in mikroskopische Details gehende Negative des Schmelzreliefs. Die Methode ist gut geeignet zum Nachweis ultravisibler Schmelzschädigungen.
- 5.) Es konnte klinisch nicht geklärt werden, ob die am supragingivalen Zahnstein festgestellte Einschränkung der Neubildung ebenso die relativ langsam anwachsenden subgingivalen Steinbildungen (Konkremente) betrifft.

Das Ergebnis der Untersuchungen von WAERHAUG (s. Kap. A, b) legt den Schluß nahe, daß chemische Mittel nur dann ihre Wirkung auf die Konkremente entfalten können, wenn sie vom Arzt direkt in die Zahnfleischtasche gebracht werden.

WAERHAUGs Untersuchungen müssen fortgeführt werden. Eine Bestätigung seiner Ergebnisse würde die Anwendung chemischer Mittel durch den Laien in den meisten Fällen sinnlos machen, weil die Zahnsteinbeseitigung unbedingt die gefährlichen Konkremente miterfassen muß.

ZUSAMMENFASSUNG

- 1.) Eingangs wurde Art und Genese des Zahnsteins unter Berücksichtigung der neueren, insbesondere der angelsächsischen Literatur, behandelt.
- 2.) Verschiedene bisherige Versuche der Zahnsteinentfernung mittels chemischer Agentien wurden beschrieben.
- 3.) Die Wirkung von Triäthanolamindiglykolat, das durch komplexe Bindung das Kalzium aus dem Zahnsteinverband herauslöst, wurde durch Versuche mit Probanden und durch in-vitro-Versuche festgestellt.
 - a) 13 freiwillige Versuchspersonen benutzten während 3 Monaten eine Triäthanolamindiglykolat-Paste. Es ergab sich eine Reduktion der Zahnsteinneubildung von 22,5% gegenüber dem Vorversuch.
 - b) In insgesamt 45 in-vitro-Versuchen wurden frisch extrahierte, mit Zahnstein behaftete Zähne, Zahnsteinbrocken und pulverisierter Zahnstein einer Triäthanolamindiglykolat-Lösung ausgesetzt. Nach 7-tägiger Einwirkung war in der Mehrzahl der Fälle eine 30 - 50%-ige Volumeneinschränkung festzustellen.
- 4.) Unsere Untersuchung des mikroskopischen Reliefbildes der Schmelzoberfläche von 16 Zähnen ergab, daß nach 72-stündiger Einwirkung der 5%-igen Lösung von Triäthanolamindiglykolat keine Veränderungen eingetreten waren. Eine schädigende Wirkung auf die Nasmythsche Membran oder eine Schmelzentkalkung konnten also ausgeschlossen werden.

LITERATURVERZEICHNIS

1. BIBBY, B. G. : The Formation of Salivary Calculus, Dental Cosmos 77 : 668; 1935.
2. BOWEN, W. H. und GILMOUR, M. N. : Actinomyces and Calculus Formation. J. Dent. Res. 38 : 709; 1959.
3. BRÜNGER: Ist es möglich, supragingivalen Speichelzahnstein durch den Gebrauch einer Zahnpaste zu lösen, und welche klin. Bedeutung kommt den Pasten zu, die im Reagenzglas Zahnstein zu lösen vermögen? Med. Diss. Marburg 1937.
4. DAVIS, G. H. und BAIRD-PARKER, A. C. : The Bacterial Element of Materia Alba. Brit. Dent. J. 106 : 142; 1959.
5. GOTTLIEB, B. : Schmutzpyorrhoe, Paradentalpyorrhoe und Alveolarpyorrhoe. Verl. Urban & Schwarzenberg, Wien 1925.
6. HARNDT, E. : Paradentitis und Paradentose. Carl Hanser Verl. München 1950.
7. HAZEN, St. P. und ZANDER, H. A. : Four-week Old Calculus. J. Dent. Res. 38 : 107; 1959.
8. van HUYSEN, G. und BHATAVADAKER, V. : The Inhibitions of Calculus formed in vitro. J. Dent. Res. 34 : 733; 1955.
9. JENSEN, A. T. und DANØ, M. : Crystallography of Dental Calc. and the Precipitation of Certain Calcium Phosphates. J. Dent. Res. 33 : 741; 1954.
10. KLUCZKA, J. (1): The Removal of Dental Calc. by Instruments and other Methods. Intern. Dent. J. 5 : 355-376; 1955.
11. KLUCZKA, J. (2): Exogene und endogene Faktoren bei der Ätiologie der Paradentose. Zahnärztl. Welt 5 : 105; 1951.
12. KLUCZKA, J. (3): Die Leicht- und die Ausheiltherapie der Paradentose. Z. R. 60 : 464; 1951.
13. KRANZ, P. P. : Klinische Zahnheilkunde und ihre Grenzgebiete. C. Hanser, München 1949, 3. Aufl., S. 333-340.
14. LASH, H. und LEVINE, D. : Relationship of the pH to Calc. Precipitation. Oral Surg., Oral Path., Oral Med. 12 : 180-188; 1959.
15. LAY, W. : Experimentelle Untersuchungen von Mitteln zur Zahnsteinentfernung unter besonderer Berücksichtigung des Wirkstoffes "HAASE". Med. Diss. Mainz 1959.
16. LEHR, W. : Die Nebenwirkungen der handelsüblichen Präparate und Tinkturen zur Beseitigung der supragingivalen Zahnauflagerungen auf den Schmelz unserer Zähne. D. Z. W. 42 : 56; 1939.

17. LEUNG, S. W. : A New Method for the In Vitro Production of Artificial Calc. J. Dent. Res. 32 : 689; 1953.
18. LEUNG, S. W. und JENSEN, A. T. : Factors Controlling the Deposition of Calc. Internat. Dent. J. 8 : 613; 1958.
19. MANDEL, J. D. und LEVY, B. M. : Studies on Salivary Calc. Oral Surg., Oral Path., Oral Med. 10 : 874-884; 1957.
20. MANDEL, J. D., LEVY, B. M., WASSERMAN, V. H. : Histochemistry of Calculus Formation. J. Periodontol. 28 : 132; 1957.
21. MATHIS, H. : Die sog. Parodontose. Verl. Urban u. Schwarzenberg, Wien 1948; S. 264-271.
22. MIGHAILOV, M. Z. : K voprosu o khimicheskoy sostave sliunnykh kamnei. Stomat. Moscow 36 : 3 : 43; 1957. Ref. : Dent. Abstracts 3 : 181; 1958.
23. MILLER, W. D. : Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde. Verl. G. Thieme, Leipzig, 4. Aufl. 1908, S. 383-385.
24. NAESLUND, C. : Studies of Tartar Formation. Acta path. et microbiol. Scand. 3 : 637; 1926.
25. PFRENGLE, O. und PIETRUCK, Ch. : Zahnsteinlösende Zahnreinigungsmittel, Patentschrift; Nr. 940185, Klasse 30 h, Gruppe 13 a.
26. PREISWERK, G. : Lehrbuch u. Atlas der Zahnheilkunde mit Einschluß der Mundkrankheiten. Verl. J. F. Lehmann, München, 3. Aufl. 1919; S. 244.
27. RAPP, G. W. : The Biochemistry of Oral Calculus. J. Am. Dent. Ass. 32 : 1368; 1945.
28. REBEL, H. H. (1) : Grundlagen und Probleme der klin. Zahnheilkunde. C. Hanser Verl. München 1954; S. 436-441.
29. REBEL, H. H. (2) : Konservierende Zahnheilkunde. C. Hanser Verl. München, 2. Aufl. 1947; S. 530.
30. REBEL, H. H. (3) : Treatment of a Brownish Black Calculus Formation. Dent. Abstracts 2 : 438; 1957.
31. ROTH, W. : Oberflächenhistologische Untersuchungen über die Einwirkung einiger zur chem. u. mechan. Zahnreinigung benutzter Mittel auf den Zahnschmelz. Med. Diss. Marburg 1955.
32. ROWLES, S. L. : On the Occurrence of Whitlockite in Dental Calculus. J. Dent. Res. 37 : 689; 1953.
33. SACHS, H. : Die Pflege des Mundes und der Zähne. Handbuch der Zahnheilkunde. Verl. I. F. Bergmann, München 1925.
34. SCHAEFFER, G. : Zur Frage der Zahnsteinbildung. Med. Diss. Marburg 1959.

35. SCHMIDT, R. : Vergleichende Untersuchungen über die Erleichterung der Zahnstein- und Konkremententfernung durch Salz-, Salpeter-, Milch-, Ameisensäure, Lithosolvent und Chlorphenol. Med.Diss. Marburg 1933.
36. SCHNEIDER, U. : Frühstadien des Zahnsteins. Med.Diss. Zürich 1959.
37. SCHOBESS, R. : Untersuchungen über die Wirkung von proteolytischen Fermenten auf Zahnstein und Zahnhartsubstanz. Med.Diss. München 1959.
38. TÜRKHEIM, H. : Untersuchungen über das Zahnsteinlösungsvermögen der gebräuchlichen Zahnpasten. Z. R. 33 : 325; 1924.
39. URBANTSCHITSCH, E. H. : Calculus dentalis supragingivalis. Z. f. Stomat. 31 : 235, 272; 1933.
40. WAERHAUG, J. : The Source of mineral Salts in Subgingival Calculus. J. Dent. Res. 34 : 563; 1955.
41. WILLI, W. : Untersuchungen über die Wirkung der Sulforizinoleate auf Zahnbeläge und Zahnstein. Sch. M. f. Z. 40 : 241-276; 1930.
42. WINKLER, K. C. und BACKER-DIRKS, A. C. : The Bacterial Elements of Materia Alba. Internat. Dent. J. 8 : 561; 1958.
43. WOLF, J. : Plastische Histologie der Zahngewebe. D. Z. -, M. - u. K. - heilkunde 7 : 265 ff. und 507 ff.; 1940.
44. ZANDER, H. A. : The Attachment of Calculus to Root Surfaces. J. Perio-dontol. 24 : 16-19; 1953.

Herrn Professor Dr. J. KLUCZKA möchte ich für die Überlassung des Themas und die freundliche Anleitung bei den Versuchen meinen herzlichen Dank aussprechen.

Ebenfalls zu Dank verpflichtet bin ich Herrn KIESSLICH, Chemiker in Budenheim, für die Durchführung der quantitativen Analysen.

LEBENS LAUF

Am 19.2.1934 wurde ich als Sohn des Versicherungskaufmanns Fritz Wende und seiner Ehefrau Thea in Hamburg geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule in Frankfurt/M. und in Bodenrod/Oberhess. trat ich 1948 in das Internat der Realgymnasialen Aufbauschule zu Friedberg/Hessen ein. 1955 erhielt ich dort das Zeugnis der Reife.

Im gleichen Jahr begann ich in Frankfurt mit dem Studium der Zahnheilkunde an der Johann Wolfgang v. Goethe-Universität. Hier bestand ich 1957 das zahnmedizinische Physikum.

Zum ersten klinischen Semester immatrikulierte ich mich in Mainz. Das nächste Semester studierte ich an der Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg und kehrte zum folgenden Semester nach Mainz an die Johannes Gutenberg-Universität zurück, wo ich im September 1960 das zahnmedizinische Staatsexamen ablegte.

Zur Zeit bin ich in Frankfurt/M. als Assistent tätig.

